

Rys. 4. Szczegół z rysunku 3; w rejonie złomu widoczne liczne pęknięcia o charakterze śródziarnowym



Rys. 5. Znaczące ubytki korozyjne na wylotowych krawędziach łopatek (czas pracy do powstania uszkodzenia kilkanaście dni)

łopatkach w nieustalonych stanach pracy turbiny. Korozyjna agresywność osadów zależy od ich rozpuszczalności w wodzie i agresywności składników.

W przypadku nawilgocenia osadów (rozruchy, odstawienia, postoje) ich agresywność wzrasta. Dotyczy to zwłaszcza soli sodowych, a przede wszystkim chlorków i wodorotlenków. W miarę wzrostu stężenia chlorków korozja wżerowa obejmuje całą powierzchnię, a intensywność zmęczenia korozyjnego nasila się. Uważa się, że istnieje krytyczna zawartość chlorków w osadzie, po której przekroczeniu zachodzą procesy korozyjne. Jeżeli obecności wilgotnych agresywnych soli towarzyszą nadmierne naprężenia dynamiczne łopatek, to mogą zaistnieć warunki do wystąpienia uszkodzeń o charakterze zmęczenia korozyjnego. Zapobieganie tego rodzaju uszkodzeniom polega na:

- utrzymaniu właściwej czystości pary,
- konserwacji turbiny w czasie postoju dłuższego niż 10 dni.

LITERATURA

- [1] Zbroińska-Szczuchura E., Dobosiewicz J.: Korozja postojowa elementów ciśnieniowych bloków energetycznych. *Energetyka* 1996, nr 1
- [2] Effertz P. H., Forchhammer P.: Die Lochkorrosionsanfälligkeit des Vergütungsstahles X20Cr13 in Natriumchloridlösungen. *Der Maschinenschaden* 1997, nr 4
- [3] Leopold J.: Laufschaufelschaden an axialen Dampfturbinen. *Der Maschinenschaden* 1971, nr 3
- [4] Pirš I.: Ergebnisse werkstofftechnischer Untersuchungen an beschädigten Schaufeln einer Dampfturbine. *Alianz Report* 1994, nr 3
- [5] Effertz P. H., Hagn L.: Untersuchung des Schwingungsrissskorrosionsverhaltens von turbinenschaufelstählen im Bereich der beginnenden Dampfnaße. *Der Maschinenschaden* 1982, nr 2

pro.novum

Mgr inż. Ewa Zbroińska-Szczuchura

UKD 621.182:620.1

Pro Novum — Katowice

Przyczyny uszkodzeń otworów rur opadowych walczaków w niektórych typach kotłów

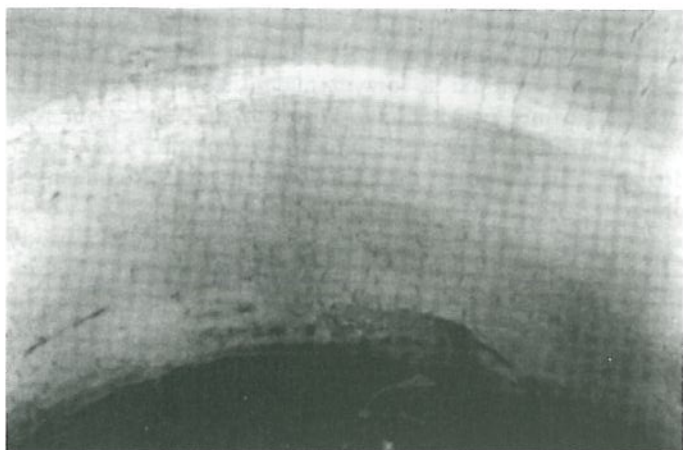
Walczak kotła parowego jest jednym z najbardziej odpowiedzialnych jego elementów. Podczas pracy kotła w ściankach walczaka zostaje nagromadzona znaczna energia potencjalna w postaci energii sprężystej metalu obciążonego wysokim ciśnieniem oraz energia wody i pary w temperaturze nasycenia.

W walczakach kotłów występują wady, które można podzielić na dwie grupy:

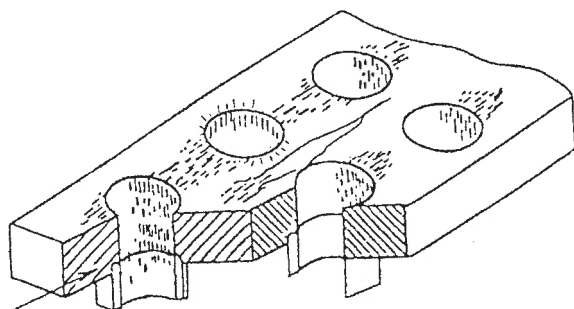
- technologiczne ● eksploatacyjne.

Wady technologiczne są związane z procesami hutniczymi i spawalniczymi. Przyczynami wad eksploatacyjnych są warunki pracy metalu, tj. działające na metal naprężenia stałe i zmienne (cieplne) oraz agresywność środowiska.

Do często występujących wad powstałych w czasie pracy walczaka należą uszkodzenia otworów rur opadowych. Pęknięcia z reguły biorą początek na krawędzi otworów, rozprzestrzeniają się promieniście po ściance walczaka oraz w głąb otworu, aż do przyspawanych króćców włącznie (rys. 1 i 2). Wymiary pęknięć (długość, głębokość) narastają w miarę zbliżania się otworów do dolnej tworzącej walczaka. Pęknięcia mogą być różnie ukierunkowane w stosunku do osi walczaka. Często otaczają strefę maksymalnych, rozciągających naprężeń od ciśnienia, a niekiedy układają się równomiernie na całym obwodzie lub porażają mostki. Wszystkie uszkodzenia są wypełnione tlenkami. Szerokość pęknięć zmienia się, a przyczyną ich powstania jest zmęczenie korozyjne (rys. 3). Pęknięciom, szczególnie często na ściankach otworów, towarzyszą wżery.



Rys. 1. Pęknięcia na krawędzi otworu i w otworze rury opadowej



oś walczaka

Rys. 2. Rozmieszczenie pęknięć w otworach i wokół nich

Badania diagnostyczne kilkunastu kotłów typu Pauker wykazały, że tego rodzaju pęknięcia porażają jedynie walczaki główne, mające króćce spawane. W walczakach z króćcami zawalcowanymi takie uszkodzenia nie następują nawet wtedy, gdy znamionowe grubości ścianek są mniejsze od optymalnych, tj. obliczonych z uwzględnieniem naprężeń cieplnych (tab. 1).

Powstawanie tego rodzaju uszkodzeń można wiązać z wahaniami temperatury ścianki walczaka w warunkach:

- awaryjnych (nieuszczelnność rur ekranowych);
- pulsacji temperatury wody zasilającej (na wlocie do walczaka), zwłaszcza w stanach nieustalonych;
- niedogrzaną wody zasilającej na wlocie do kotła (wyłączonej regeneracja).



Rys. 3. Charakter pęknięcia biorącego początek na krawędzi, widoczne liczne wżery na powierzchni wewnętrznej walczaka

Pomiary temperatury wody zasilającej na wlocie do walczaka oraz temperatury ścianki na dolnej jego tworzącej wykazały, że w rejonie otworów rzeczywiście występuje ciągła pulsacja temperatury w wyniku przedostawania się w okolice otworów rur opadowych strumieni wody kotłowej o różnej temperaturze, zależnej od temperatury wody zasilającej. Pulsacja temperatury i jej amplituda zależą oczywiście od zróżnicowania temperatury wody na wlocie do walczaka, prędkości jej przemieszczania i prędkości wejścia do rury opadowej, tj. od warunków pracy kotła oraz sposobu rozplywu wody zasilającej w walczaku.

Niedostateczne przemieszczanie wody zasilającej i kotłowej w walczaku do czasu jej wejścia w rury opadowe może doprowadzić również do zaburzenia w obiegu wodno-parowym na skutek zróżnicowania temperatury wody wchodzącej do ekranów z rur opadowych.

Tabela 1

Niektóre dane techniczne omawianych walczaków

Liczba i typ kotła	Połączenia króćców	Wymiary znamionowe, mm	Ciśnienie obliczeniowe, MPa	Naprężenia na mostkach, MPa	Optymalna grubość ścianki, mm	Uszkodzenia otworów rur opadowych	Materiał
8 dwuwalczakowych	spawane	1600 × 75	11,0	173	83	na wszystkich kotłach	CuNi47 Specjal
3 dwuwalczakowe	spawane	1600 × 75	11,0	173	83	na wszystkich kotłach	CuNi47 Specjal
2 dwuwalczakowe	walcowane	1600 × 75	11,0	173	83	brak	CuNi47 Specjal
3 jednowalczakowe	walcowane	2000 × 71	8,0	166	66	brak	CuNi47 Specjal
2 jednowalczakowe	walcowane	1600 × 56	8,0	175	70	brak	CuNi47 Specjal
1 dwuwalczakowy	walcowane	1600 × 70	6,0	109	60	brak	16Mo3

Potwierdzeniem wymienionych przyczyn uszkodzenia otworów rur opadowych jest niewystępowanie tego rodzaju pęknięć w przypadku walczaków z zawalcowanymi króćcami, które spełniają funkcje koszulek — osłon termoszkokowych. Należy podkreślić, że podobnego rodzaju uszkodzenia występują również na niektórych walczakach kotłów produkcji krajowej np. OP-215, OP-230.

Doświadczenia eksploatacyjne wykazują, że im wyższe są naprężenia dopuszczalne uwzględniane w obliczeniach grubości ścianki walczaków, tym krótszy jest czas do powstania wymienionych pęknięć.

W celu obniżenia prawdopodobieństwa powstawania pęknięć produkuje się walczaki grubościennne (grubość optymalna). W USA i Japonii grubości ścianek walczaków przekraczają 140 mm. W kraju są eksploatowane 2 walczaki o grubości ścianki 140 mm (obliczone wg ASME Code), które dotychczas nie popękały. W literaturze światowej nie ma informacji o pęknięciach walczaków amerykańskich i japońskich.

Naprawa uszkodzeń przez szlifowanie i pozostawienie ubytków osłabiających grubości ścianki w granicach dopusz-

czalnych nie jest rozwiązaniem właściwym. W miejscach ubytków wzrastają naprężenia i zostaje usunięta warstwa ochronna na metalu. Czynniki te przyczyniają się do przyspieszonej inicjacji pęknięć zmęczeniowo-korozyjnych. Właściwym rozwiązaniem jest obniżenie naprężeń stałych (np. przez zabudowanie pogrubionych króćców) oraz naprężeń zmiennych przez:

- unikanie nadmiernej różnicy między temperaturą wody zasilającej przed walczakiem a temperaturą ścianki walczaka na dolnej tworzącej,
- zabudowanie koszulek termoszkokowych na otworach (zawalcowane),
- zapewnienie właściwego rozplywu wody zasilającej oraz podanie jej w rejon średniego poziomu wody w walczaku,
- wypełnienie przez spawanie ubytków powstałych po usunięciu pęknięć i zaokrąglenie krawędzi promieniem $r = 5-8$, co obniża naprężenia stałe o 10—15%.

penovum

Mgr inż. Stanisław Pawlik-Dobrowolski,

mgr inż. Andrzej Winnicki

UKD 621.175:620.1

Elektrownia Halemba

Sposób obliczania sił wzdłużnych działających na rurki chłodnicy mieszanki parowo-powietrznej w skraplaczu na przykładzie skraplacza turbiny TK-50

Kondensacja na rurkach chłodnicy odbywa się przy ciśnieniu równym ciśnieniu cząstkowemu pary, które może być różne od ciśnienia panującego w skraplaczu. Zjawisko to wymaga wprowadzenia pewnych zmian do obliczeń sił wzdłużnych wykonywanych dla pęczków górnych skraplacza.

Do obliczeń jest niezbędna znajomość następujących wielkości mierzonych podczas eksploatacji turbiny:

t_{w1} — temperatura wody chłodzącej przy dopływie, °C;

t_{w2} — temperatura wody chłodzącej przy odpływie, °C;

t_p — temperatura pary wpływającej do skraplacza, °C.

Dodatkowo trzeba zmierzyć

t_{pp} — temperaturę mieszanki parowo-powietrznej odsysanej ze skraplacza, °C.

Należy również znać prędkość wody chłodzącej w rurkach skraplacza, którą można wyliczyć ze wzoru:

$$w_w = \frac{4 G_{wc}}{\pi d_w^2 n_l 3600} \quad [\text{m/s}]$$

G_{wc} — ilość wody chłodzącej przepływającej przez skraplacz, m³/h;

d_w — wewnętrzna średnica rurki, m;

n_l — liczba rurek w jednym biegu wodnym skraplacza.

Podstawiając do wzoru wielkości z danych technicznych metryki elektrowni, otrzymuje się $w_w = 2,0146$ m/s i do dalszych obliczeń przyjmuje $w_w = 2,0$ m/s.

Ilość powietrza w skraplaczu przyjmuje się jako wartość przeciętną:

$$\frac{G_{pow}}{D_k} = 0,01$$

D_k — ilość pary płynącej do skraplacza.

Ciśnienie cząstkowe pary w miejscu odsysania (i pomiaru) oblicza się ze wzoru:

$$p_{ppCH} = \frac{p_{pp}}{1 + 0,622 \frac{G_{pow}}{D_k}} \quad [\text{kPa}]$$

przy czym:

p_{pp} — ciśnienie mieszanki parowo-powietrznej odczytane z tablic dla pary wodnej odpowiadające temperaturze tej mieszanki, tj. t_{pp} .

Dla wyliczonej wartości p_{ppCH} odczytuje się z tablic pary wodnej t_{pCH} , tj. temperaturę nasycenia pary dla ciśnienia cząstkowego p_{ppCH} .